

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 753 595 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
15.01.1997 Patentblatt 1997/03

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **C22C 38/04**, F16F 1/14,  
C21D 9/08

(21) Anmeldenummer: **96109631.0**

(22) Anmeldetag: **25.06.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE ES FR GB IT**

(30) Priorität: **06.07.1995 DE 19524574**

(71) Anmelder: **BENTELER AG**  
**D-33104 Paderborn (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Bergs, Norbert, Dipl.-Ing**  
**33161 Hövelhof (DE)**

- **Dr. Klatzer, Stefan, Dipl.-Ing**  
**33104 Paderborn (DE)**
- **Dr. Töpker, Dieter, Dipl.-Ing**  
**33100 Neuenbeken (DE)**
- **Beer, Gerhard, Dipl.-Ing**  
**33104 Paderborn (DE)**
- **Vaubel, Gert, Dr. rer.nat.habil.**  
**34414 Warburg-Welda (DE)**

(74) Vertreter: **Ksoll, Peter, Dr.-Ing.**  
**Bergstrasse 159**  
**44791 Bochum (DE)**

(54) **Rohre für die Herstellung von Stabilisatoren und Herstellung von Stabilisatoren aus solchen Rohren**

(57) Die Erfindung betrifft die Verwendung einer Stahllegierung für Rohre zur Herstellung von Stabilisatoren für Kraftfahrzeuge, einen Stabilisator aus einer solchen Stahllegierung sowie Verfahren zur Herstellung von Stabilisatoren. Ausgehend von den Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften, wonach die Zugfestigkeiten  $R_m$  1100 N/mm<sup>2</sup> bis 1600 N/mm<sup>2</sup>, die 0,2%-Dehngrenzen  $R_{P0,2}$  900 N/mm<sup>2</sup> bis 1300 N/mm<sup>2</sup> und die Bruchdehnung  $A_5$  zwischen 6 % und 15 % sein sollen sowie der Notwendigkeit einer wirtschaftlichen Herstellung von Stabilisatoren wird die Verwendung einer Stahllegierung für Rohre zur Herstellung der Stabilisatoren vorgeschlagen, die in Gewichtsprozent ausgedrückt aus

schweißbar ist, kann er neben der Verwendung für nahtlose Rohre auch zur Herstellung von längsnahtgeschweißten Rohren eingesetzt werden, die für den vorgesehenen Verwendungszweck als Ausgangsprodukt für Stabilisatoren besser geeignet sind.

Kohlenstoff (C) 0,18 % bis 0,30 %  
Silizium (Si) 0,10 % bis 0,50 %  
Mangan (Mn) 1,10 % bis 1,80 %  
Phosphor (P) max. 0,025 %  
Schwefel (S) max. 0,025 %  
Titan (Ti) 0,020 % bis 0,050 %  
Bor (B) 0,0005 % bis 0,005 %  
Aluminium 0,010 % bis 0,050 %  
Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen

besteht. Der vorgeschlagene Rohrwerkstoff wird den Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften gerecht. Darüber hinaus zeichnet er sich durch eine gute Verformbarkeit, eine einfachere Vergütbarkeit und sein Zähigkeitsverhalten aus. Da der Werkstoff

**EP 0 753 595 A2**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft die Verwendung einer Stahlliegierung für Rohre zur Herstellung von Stabilisatoren für Kraftfahrzeuge, einen Stabilisator aus einer solchen Stahllegierung sowie Verfahren zur Herstellung von Stabilisatoren.

Stabilisatoren sind Bauteile, die in der Kraftfahrzeugtechnik zur Verringerung der Kurvenneigung der Karosserie und zur Beeinflussung des Eigenlenkverhaltens, z.B. zur Verminderung des Übersteuerns, eingesetzt werden. Sie versteifen bei einseitiger Belastung die Federung, beispielsweise beim Überfahren einseitiger Hindernisse.

Stabilisatoren sind meist als Drehstäbe ausgeführt, die im Fahrzeughauptteil quer zur Fahrtrichtung gelagert sind und über U-förmig angebrachte Schenkel an den Radaufhängungen angreifen. Zur Stabilisation macht man sich die Widerstandskraft des Materials gegen Verdrehung zunutze. Die Enden des Stabilisators sind jeweils starr mit einer Seite der Achse verbunden und wirken als Hebelarm. Wird der Fahrzeugaufbau bei Kurvenfahrt infolge der Fliehkraft zur Seite geneigt, so federt das kurveninnere Rad stärker ein als das äußere. Der Stabilisator wird dadurch verdreht und wirkt durch seine Federkraft der Seitenneigung entgegen.

Stabilisatoren der üblichen Art werden bisher überwiegend aus Vollstäben gefertigt. Es gibt sie in geraden und gebogenen Ausführungen. So beschreibt beispielsweise die WO 93/18189 die Herstellung von Schwingstäben bzw. Drehstabilisatoren aus hochfesten Stählen. Hierbei erfolgt der Einsatz von Stählen mit einem orientierten Verlauf der Gefügestruktur. Die Umformung erfolgt entweder warm unterhalb der Rekristallisierungstemperatur oder kalt unterhalb einer Temperatur von 149 °C. Die dort beschriebenen Stähle besitzen eine Streckgrenze  $R_{\sigma}$  von mindestens 620 N/mm<sup>2</sup> und eine Zugfestigkeit  $R_m$  von mindestens 827 N/mm<sup>2</sup>. Sie weisen einen Gehalt an Kohlenstoff von 0,3 % bis 1 %, Mangan von 2,0 % bis 2,5 % und bis zu 0,35 % Vanadium auf. Die zur Herstellung der Stabilisatoren eingesetzten Stäbe werden warmgewalzt oder kaltgezogen.

Aus Gründen der Gewichtersparnis geht die Tendenz dazu, Stabilisatoren aus Rohren herzustellen. Hierbei macht man sich das bei einem Rohr günstigere Verhältnis von Widerstandsmoment gegen Torsion zur Rohrmasse im Vergleich zu einem Vollstab zunutze. Bei dem für die Torsion optimalen Verhältnis von Wanddicke zum Durchmesser der Rohre müssen die zur Anwendung gelangenden Werkstoffe bei Beibehaltung der in den Fahrzeugen konstruktiv vorgegebenen bzw. verwendbaren Außendurchmesser eine um einen Faktor von ca. 1,4 höhere Streckgrenze und Zugfestigkeit besitzen.

Weiterhin ist zur Erzielung einer hohen Dauer-Wechselfestigkeit die Oberflächengüte der Außen- und Innenoberfläche der verwendeten Rohre von größter Wichtigkeit. Die beste Oberflächengüte weisen längsnahtgeschweißte Rohre aus gewalztem Stahlband auf.

Hierbei werden die bei nahtlos gezogenen Rohren vorkommenden Fehler, wie Fältelungen usw. vermieden.

Die bislang zum Einsatz gelangenden Stähle für Rohre zur Herstellung von Stabilisatoren weisen einen hohen Kohlenstoffgehalt auf und haben zum Teil eine zu niedrige Zähigkeit. Die niedrige Zähigkeit der Stähle wirkt sich insbesondere bei nahtlosen Rohren vorwiegend aufgrund der verminderten Oberflächengüte negativ auf die Dauer-Wechselfestigkeit aus. Zur Erzielung höherer Zähigkeit bei der geforderten Festigkeit sind aufwendige Vergütungsverfahren mit hohen Anlaßtemperaturen von ca. 600 °C notwendig. Durch die hohen Anlaßtemperaturen ist es aber erforderlich, daß die Stabilisatoren während des Anlaßvorgangs zur Vermeidung von Verzug in besonderen Vorrichtungen eingespannt werden. Dieser Aufwand führt jedoch zu einer Erhöhung der Herstellungskosten.

Desweiteren sind die meisten der bislang eingesetzten Stähle schlecht schweißbar. Damit ist der Einsatz von längsnahtgeschweißten Rohren schlecht bzw. überhaupt nicht möglich, obwohl dies wegen der besseren Oberflächengüte wünschenswert wäre.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Stahllegierung für Rohre anzugeben, die in ihren mechanischen Eigenschaften den hohen Anforderungen für die Herstellung von Stabilisatoren gerecht wird. Weiterhin zielt die Erfindung auf eine wirtschaftliche Herstellung von qualitativ hochwertigen Stabilisatoren aus solchen Rohren ab.

Der legierungstechnische Teil der Aufgabe wird durch die Verwendung der im Anspruch 1 angegebenen Legierung gelöst.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der zur Verwendung gelangenden Legierung lehrt Anspruch 2.

Die Erfindung macht sich hierbei die Erkenntnis zu eigen, daß für die Herstellung von Stabilisatoren aus Rohren bei den hohen Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften ein Rohrwerkstoff erforderlich ist, der je nach Anlaßtemperatur Zugfestigkeiten  $R_m$  von 1100 bis 1600 N/mm<sup>2</sup>, 0,2%-Dehngrenzen  $R_{p0,2}$  von 900 bis 1300 N/mm<sup>2</sup> und eine Bruchdehnung  $A_5$  von 6 bis 15 % aufweist. Der wesentlichste Vorteil der erfindungsgemäßen Stahllegierung wird daher darin gesehen, daß die vorgeschlagene Legierung gegenüber der Verwendung der bekannten Legierungen, aus denen Rohre für Stabilisatoren hergestellt werden, die angegebenen Werte der Zugfestigkeit, Streckgrenze und Bruchdehnung erreicht, und daß durch sie zusätzlich noch bei Einsatz von nur einer Legierung eine hohe Bandbreite von geforderten mechanischen Kenndaten abgedeckt werden kann. Die Legierungskomponenten sind hierfür optimal aufeinander abgestimmt.

Obwohl es sich um einen weichen, kohlenstoffarmen Stahl handelt, gewährleistet der Kohlenstoffanteil eine ausreichende Festigkeit und Härtebarkeit. Der Siliziumanteil bestimmt die Zugfestigkeit und die Streckgrenze, wobei die Zähigkeitseigenschaften nur geringfügig beeinflusst werden. Das Mangan erhöht ebenfalls die Festigkeit der Stahllegierung, wobei die

Bruchdehnung nur geringfügig verringert wird. Darüber hinaus wirkt sich das Mangan günstig auf die Schweißbarkeit aus. In Verbindung mit dem Kohlenstoffanteil bewirkt es eine Verbesserung des Verschleißwiderstands. Der Titananteil wird vorwiegend zur Stabilisierung gegenüber interkristalliner Korrosion eingesetzt. Das Bor verbessert die Durchhärtung und erhöht die Kernfestigkeit. Schließlich wird durch die Zugabe von Aluminium die Feinkornbildung unterstützt.

Bei der erfindungsgemäßen Legierung ist daher eine gute Verformbarkeit und Schweißbarkeit gegeben. Hiermit verbindet sich der Vorteil, daß neben dem Einsatz von nahtlosen Rohren auch der Einsatz von für den vorgesehenen Verwendungszweck besser geeigneten längsnahtgeschweißten Rohren möglich wird.

Weiterhin hervorzuheben ist, daß die erfindungsgemäße Stahllegierung im Vergleich zu den bekannten Stählen bessere Eigenschaften hinsichtlich der Zähigkeit aufweist und eine einfachere Vergütbarkeit möglich macht. So kann beispielsweise mit niedrigeren Anlaßtemperaturen gearbeitet werden.

Die erfindungsgemäße Stahllegierung ist kostengünstig. Rohre aus einer solchen Stahllegierung können auch in bereits vorhandenen Anlagen zur Herstellung von Stabilisatoren aus Vollmaterial problemlos zum Einsatz gelangen. Vergütungsanlagen sind hier bereits vorhanden.

Für neu einzurichtende Fertigungslinien ergibt sich sogar eine Reduzierung des Aufwands, da das nach dem Härten vorgenommene Anlassen bei niedrigeren Temperaturen als bisher üblich erfolgen kann. Aus diesem Grund sind Einspannvorrichtungen, die einen Verzug beim Anlaßvorgang verhindern sollen, nicht erforderlich.

Stabilisatoren gemäß Anspruch 3 weisen ein gegenüber bekannten Stabilisatoren aus Vollmaterial reduziertes Gewicht auf. Den starken Belastungen beim Einsatz in Kraftfahrzeugen halten diese Stabilisatoren zuverlässig stand.

Eine Lösung des verfahrensmäßigen Teils der Aufgabe wird in den Merkmalen des Anspruchs 4 gesehen. Hierbei können sowohl nahtlos gezogene als auch längsnahtgeschweißte Rohre zum Einsatz gelangen.

Diese werden zunächst normal geglüht. Dies erfolgt bei einer Temperatur wenig oberhalb des  $A_{C3}$ -Punktes mit anschließendem Abkühlen in ruhender Atmosphäre. Die Glühbehandlung wird angewandt, um eine grobkörnige Struktur zu beseitigen. Vorteilhaft ist dies insbesondere bei längsnahtgeschweißten Rohren, da hier eine grobkörnige Struktur auftreten kann.

Aus den so behandelten Rohren werden anschließend Stabilisatoren umformtechnisch mit den üblichen Verfahrensgängen hergestellt. Hieran schließt sich eine Wasserhärtung der Stabilisatoren an. Die Wasserhärtung erfolgt vorzugsweise im Werkzeug selber, so daß ein zusätzliches Aufnehmen der Stabilisatoren zum Zwecke der Härtung entfällt.

Fallweise kann ein Anlassen unter Luft bei einer Temperatur zwischen 200 °C und 400 °C erfolgen, wie

dies Anspruch 5 vorsieht. Das beim Härten entstehende Martensitgefüge ist teilweise sehr spröde. Daher werden die Stabilisatoren in der Regel nach dem Härten angelassen. Als besonders vorteilhaft hat sich eine Temperatur von ca. 250 °C erwiesen. Durch Diffusion der Kohlenstoffatome wird so die Verspannung des Martensits gemildert. Die Sprödigkeit wird verringert, ohne daß die Härte sich wesentlich ändert.

Ein Einspannen der Stabilisatoren beim Anlassen zur Vermeidung von Verzug ist in diesem Anlaßtemperaturbereich nicht erforderlich.

Erforderlichenfalls werden die Enden der Stabilisatoren angestaucht (Anspruch 6). Hieran schließt sich ein Abschreckvorgang an. Dies geschieht vorzugsweise mit Wasser von Temperaturen oberhalb 800 °C. Als besonders vorteilhaft hat sich ein Abschreckhärten oberhalb einer Temperatur von 920 °C herausgestellt.

Im Falle von gebogenen Stabilisatoren können auch unvergütete Rohre zum Einsatz kommen, wie dies Anspruch 7 vorsieht. Das Biegen erfolgt bei einer Temperatur oberhalb der oberen Umwandlungstemperatur, dem  $A_{C3}$ -Punkt im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm. Nach dem Biegevorgang wird wiederum eine Abschreckhärtung im Werkzeug vorgenommen. Ein Nachrichten ist dann nicht erforderlich.

Nach den Merkmalen des Anspruchs 8 ist eine Erwärmung der Stabilisatoren nach dem Härten auf eine Temperatur unterhalb der Umwandlungstemperatur vorteilhaft. Die Anlaßtemperatur soll daher 350 °C nicht überschreiten.

Eine weitere Lösung des verfahrensmäßigen Teils der Aufgabe beinhaltet Anspruch 9. Danach werden die aus der erfindungsgemäßen Legierung hergestellten Rohre vergütet, und zwar vor dem Umformvorgang zu Stabilisatoren. Eine Vergütung nach dem Biegen kann entfallen. Diese Vorgehensweise ist besonders pragmatisch und ökonomisch.

Die Vergütung der Rohre umfaßt den Doppelschritt des Härtens und Anlassens. Dem Rohr wird hierdurch vor dem Biegevorgang eine große Festigkeit und eine hohe Streckgrenze sowie große Zähigkeit verliehen.

Das Härten besteht aus dem Erwärmen auf Härte-temperatur, dem Halten und Abschrecken. Danach wird zum Anlassen nochmals erwärmt und abschließend abgeschreckt oder langsam abgekühlt.

Falls erforderlich, kann nach dem Biegen der Rohre zu Stabilisatoren ein Spannungsarmglühen vorgenommen werden, wie dies Anspruch 10 vorsieht. Hierdurch können Gefügeumwandlungen oder Eigenspannungen abgebaut werden. Vorzugsweise beschränkt sich dieser Glühvorgang auf den Bereich der Bögen eines Stabilisators. Die Glühtemperatur ist dabei so gewählt, daß die Vergütungsfestigkeit des Stabilisators nicht herabgesetzt wird.

Eine Fertigungslinie für die Herstellung von Stabilisatoren aus geschweißten Rohren sowie eine Fertigungslinie für die Herstellung von Stabilisatoren aus nahtlosen Rohren gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ist technisch generalisiert in den beiliegen-

den Figuren 1 und 2 dargestellt. Bezüglich der Figur 1 ist darauf hinzuweisen, daß bei geschweißten Rohren in Abhängigkeit von deren Durchmesser ein Streckreduzieren nicht zwingend erforderlich ist.

#### Patentansprüche

1. Verwendung einer Stahllegierung für Rohre zur Herstellung von Stabilisatoren für Kraftfahrzeuge, insbesondere für Drehstabilisatoren, die in Gewichtsprozenten ausgedrückt aus

Kohlenstoff (C) 0,18 % bis 0,30 %  
 Silizium (Si) 0,10 % bis 0,50 %  
 Mangan (Mn) 1,10 % bis 1,80 %  
 Phosphor (P) max. 0,025 %  
 Schwefel (S) max. 0,025 %  
 Titan (Ti) 0,020 % bis 0,050 %  
 Bor (B) 0,0005 % bis 0,005 %  
 Aluminium 0,010 % bis 0,050 %  
 Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen

besteht.

2. Verwendung einer Stahllegierung nach Anspruch 1, die in Gewichtsprozenten ausgedrückt aus

Kohlenstoff (C) 0,21 % bis 0,26 %  
 Silizium (Si) 0,15 % bis 0,35 %  
 Mangan (Mn) 1,20 % bis 1,40 %  
 Phosphor (P) max. 0,025 %  
 Schwefel (S) max. 0,025 %  
 Titan (Ti) 0,020 % bis 0,040 %  
 Bor (B) 0,0020 % bis 0,0040 %  
 Aluminium 0,020 % bis 0,035 %  
 Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen

besteht.

3. Stabilisator aus einer Stahllegierung nach einem der Ansprüche 1 oder 2.

4. Verfahren zur Herstellung von Stabilisatoren aus gezogenen oder geschweißten Rohren gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, mit folgenden Maßnahmen:

- a) Normalglühen der Rohre;  
 b) Herstellung der Stabilisatoren;  
 c) Wasserhärtung der Stabilisatoren, wobei diese insbesondere im Werkzeug erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Anlassen unter Luft bei einer Temperatur zwischen 200 °C und 400 °C erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei die Enden der Stabilisatoren angestaucht und mit Wasser von Temperaturen oberhalb 800 °C, insbesondere 920 °C, abgeschreckt werden.

7. Verfahren zur Herstellung von gebogenen Stabilisatoren aus unvergüteten Rohren gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Biegen oberhalb des  $A_{C3}$ -Punktes erfolgt und nach der Biegeoperation eine Abschreckung im Werkzeug vorgenommen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Anlassen mit einer Temperatur bis zu 350 °C erfolgt.

9. Verfahren zur Herstellung von gebogenen Stabilisatoren aus Rohren gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zunächst eine Vergütung der Rohre vorgenommen wird und diese anschließend zu Stabilisatoren gebogen werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem Biegen ein Spannungsglühn vorzugsweise der Biegebereiche erfolgt.

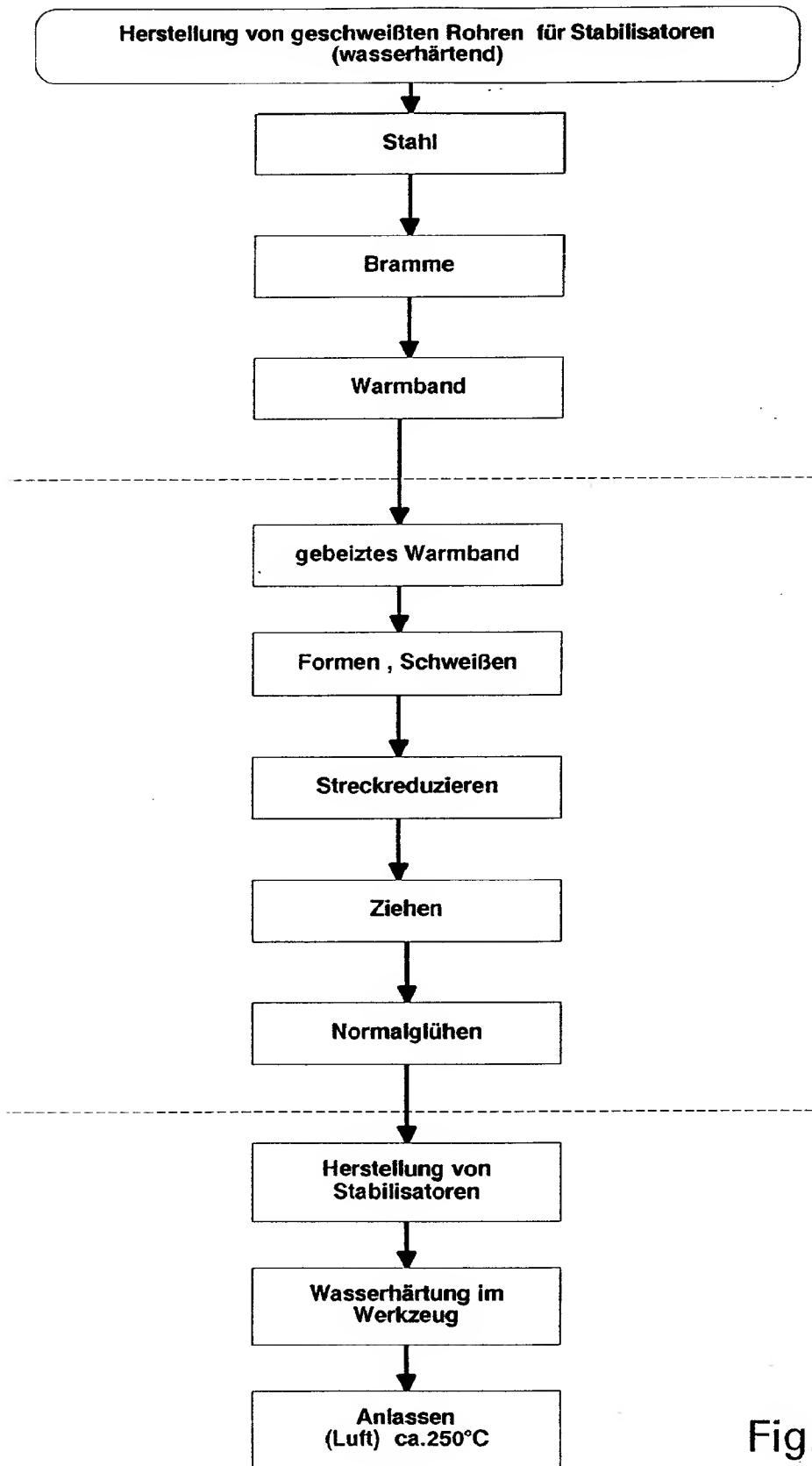


Fig. 1

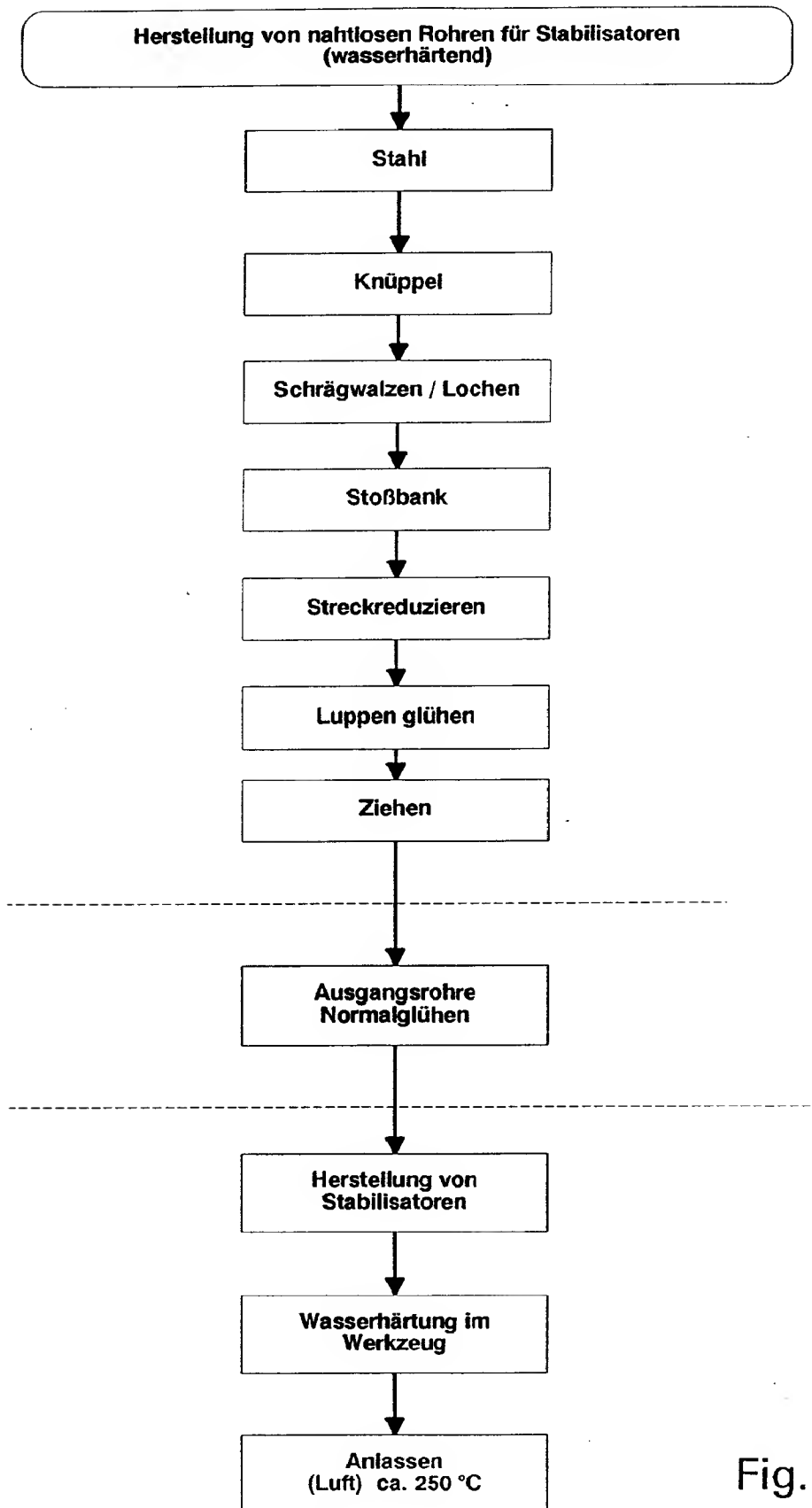


Fig. 2